

# **VŠB – Technická univerzita Ostrava**

## **Fakulta elektrotechniky a informatiky**

### **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

2011

Bc. Ladislav Pavlík

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra telekomunikační techniky**

**Návrh datové sítě pro rozvody IPTV**  
**IPTV network design**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 6. května 2011

.....

### **Poděkování**

Děkuji panu Ing. Marku Dvorskému, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce a pomoc při jejím zpracování.

## **Abstrakt**

Náplní této diplomové práce je popsat problematiku televizního vysílání přes internetový protokol, která je zajímavá z hlediska poskytování multimediálních digitálních služeb.

Druhá část je věnována fyzickému návrhu rozvodů IPTV se zakomponovaným příjmem z pozemního a satelitního digitálního vysílání. Jsou zde popsány jednotlivé prvky sítě, potřebné pro příjem televizního signálu, jeho zpracování, doručení a zobrazení u diváka.

Závěrečná část je věnována alternativnímu řešení za pomoci klasického PC s volně šiřitelným programovým vybavením a porovnání s klasickým koaxiálním rozvodem.

## **Klíčová slova**

IPTV, DVB-T, DVB-S, HD, síť, datový proud, digitální vysílání, brána, přepínač, multicast, unicast, protokol, set top box.

## **Abstract**

The objective of this dissertation is to describe the problematics of television broadcasting via internet protocol, which is very interesting from the point of provision of multimedia digital services.

Its second part aims on the physical project of the IPTV wiring, with incorporated reception from ground as well as satellite digital broadcasting. There are particular units of the net described here, which are necessary for the reception of the television signal, its processing, its visual display and delivery to a viewer.

The final part concentrates on the alternative solution with the help of a regular PC with freely distributed software, and the comparison with a regular coaxial distribution.

## **Keywords**

IPTV, DVB-T, DVB-S, HD, net, data stream, digital broadcasting, gateway, switch, multicast, unicast, protocol, set top box.

# SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

APON	Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network
ARP	Address Resolution Protocol
ATM	Asynchronous Transfer Mode
CI	Common Interface
DMB	Digital Mobile Broadcasting
DVB-C	Digital Video Broadcasting - Cable
DVB-H	Digital Video Broadcasting - Handheld
DVB-S	Digital Video Broadcasting - Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial
EIT	Event Information Table
EPG	Elektronic Programming Guide
EPON	Ethernet Passive Optical Network
FEC	Forward Error Correction
FTTB	Fiber To The Building
FTTC	Fibre To The Curb
FTTH	Fibre To The Home
GE	Gigabit Ethernet
GPON	Gigabit Passive Optical Network
HD	High Definition
HDTV	High Definition TeleVision
ICMP	Internet Control Message Protocol
IEC	International Electrotechnical Commission
IGMP	Internet Group Management Protocol
IP	Internet Protocol
IPTV	Internet Protocol TeleVision
LNB	Low Noise Block
MAC	Medium Access Control
MHP	Multimedia Home Platform
MOS	Mean Opinion Score
MPEG-2	Motion Picture Experts Group – 2
MPEG-4 AVC	Motion Picture Experts Group – 4 Advanced Video Coding
MPEG-TS	MPEG – Transport Stream
MPLS	MultiProtocol Label Switching
ONU	Optical Network Unit
OSI	Open Systems Interconnect
PES	Packetized Elementary Stream

PIM	Protocol Independent Multicast
PON	Passive Optical Network
PPV	Pay Per View
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RARP	Reverse Address Resolution Protocol
RTCP	RTP Control Protocol
RTP	Real-time Transport Protocol
SAP	Session Announcement Protocol
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SDP	Session Description Protocol
SDTV	Standard Definition TeleVision
SNMP	Simple Network Management Protocol
TV	TeleVision
UDP	User Datagram Protocol
UHF	Ultra High Frequency
UTP	Unshielded Twisted Pair
VC-1	Video Codec – 1
VCR	Video Cassette Recorder
VHF	Very High Frequency
VLC	VideoLAN Client
VoD	Video on Demand
VoIP	Voice over Internet Protocol
xDSL	x Digital Subscriber Line

# OBSAH

1	Úvod .....	1
2	Způsoby příjmu televizního vysílání.....	2
2.1	IPTV.....	2
2.1.1	Architektura IPTV.....	2
2.1.2	Způsob distribuce.....	4
2.1.3	IPTV komunikační model.....	6
2.1.4	Přístupové sítě pro přenos.....	10
2.1.5	Služby poskytované IPTV.....	10
2.1.6	Způsob komprese.....	13
2.1.7	Parametry QoE/QoS.....	14
2.2	Pozemní vysílání DVB-T.....	15
2.3	Satelitní vysílání DVB-S.....	15
3	Návrh datové sítě pro rozvod IPTV.....	17
3.1	Příjem IPTV od regionálního poskytovatele.....	18
3.2	Příjem satelitního vysílání DVB – S.....	19
3.3	Příjem pozemního vysílání DVB – T.....	21
3.4	Implementace jednotlivých vysílání do datové sítě.....	23
3.5	Způsob rozdělení balíčků.....	28
3.6	Datové rozvody v bytovém domě a možnosti zakončení v bytě.....	29
3.7	Alternativní řešení.....	32
3.8	Porovnání s klasickým koaxiálním rozvodem.....	36
4	Cenová kalkulace navrženého řešení.....	38
4.1	Cenová kalkulace hlavního řešení.....	38
4.2	Cenová kalkulace alternativního řešení.....	39
5	Závěr.....	41
	Literatura.....	43
	Přílohy.....	45



# **1 ÚVOD**

Již v roce 1923 byly provedeny první pokusy přenosu obrazu pomocí elektronek. O několik let později bylo spuštěno experimentální televizní vysílání a koncem 30.let minulého století začala hromadná výroba televizorů. V průběhu 2. světové války se rozvoj zastavil, aby po jejím konci vypuklo masové šíření po celém světě. [1]

V posledních letech dochází k velkému rozvoji digitálního vysílání. Vysílání je šířeno několika způsoby a to pomocí satelitu DVB – S (Digital Video Broadcasting – Satellite), pozemní vysílání DVB – T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial), kabelové vysílání DVB – C (Digital Video Broadcasting – Cable), vysílání určené pro mobilní telefony DVB – H (Digital Video Broadcasting – Handheld), označováno také jako DMB (Digital Mobile Broadcasting) a v neposlední řadě vysílání přes internetový protokol IPTV (Internet Protocol TeleVision).

Digitalizace se stala v dnešní době nutností. Je silně ovlivněna novými požadavky provozovatelů televizí na další vysílací kmitočty, kde došlo v podstatě k vyčerpání kmitočtového spektra pro analogovou televizi a nemožnost zřizování dalších celoplošných televizí. Dále se zvýšili požadavky diváků, kteří chtějí větší počet programů, kvalitnější obraz, zvuk a možnost přijímat televizi ve vozidlech, což s analogovou televizí není prakticky možné. Také využitím těchto systémů klesá energetická náročnost zařízení. [1]

IP (Internet Protocol) protokol byl v minulosti vytvořen pro potřeby vznikajícího internetu a postupem času tak vytvořil nad různými sítěmi jednotné přenosové prostředí. Dodnes funguje jako významný sjednocující prvek mezi různými sítěmi s různými fyzickými přenosovými technologiemi. Díky tomu je jeho využití pro IPTV vhodné, protože je možnost provozu od metalických vedení, pozemní rádiové spoje až po satelitní spoje. [6]

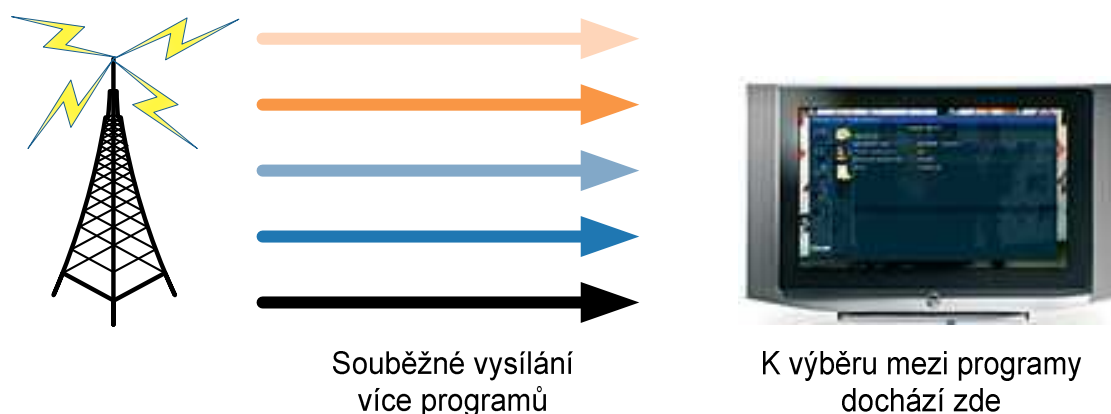
V první části diplomové práce se věnuji teoretickému popisu systému IPTV a systémům pozemního a satelitního digitálního vysílání.

V druhé části mé práce se věnuji praktickému návrhu rozvodů IPTV sítě. Příjem je založen na příjmu pomocí poskytovatele IPTV a implementací pozemního a satelitního vysílání. V této části jsou popsány jednotlivé prvky, které jsou nutné pro realizaci a funkčnost sítě.

## 2 ZPŮSOBY PŘÍJMU TELEVIZNÍHO VYSÍLÁNÍ

### 2.1 IPTV

Televize IPTV je vysílání televizních programů prostřednictvím IP sítě. Pro neznalé problematiky by se mohlo zdát, že se jedná o kabelovou televizi, což je ale omyl. Při satelitním, terestriálním nebo kabelovém vysílání, probíhá distribuce televizního signálu pomocí broadcastingu, což je souběžné vysílání ke všem potenciálním příjemcům, jak je vidět na obrázku 2.1. U IPTV se dostává k příjemci vysílání pouze to, které si divák právě zvolil. Při klasickém vysílání se souběžně vysílá více programů přes více přenosových kanálů a jejich výběr se provádí až u příjemce. Oproti tomu u IPTV si příjemce zvolí program u poskytovatele. [2][3]

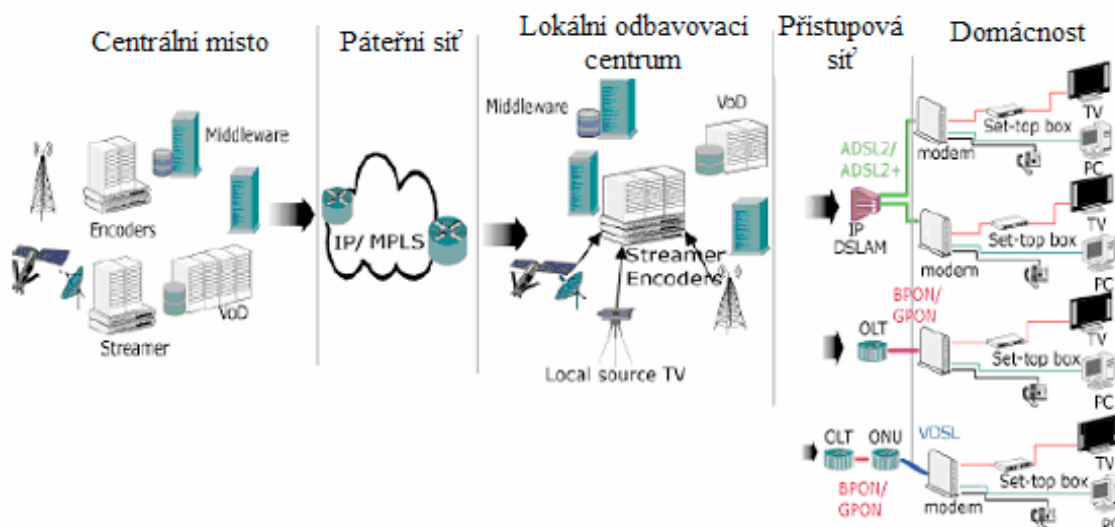


Obr. 2.1: Klasické vysílání pomocí broadcastingu [3]

#### 2.1.1 Architektura IPTV

Celá topologie sítě IPTV je znázorněna na obrázku 2.2. a skládá se z následujících částí:

- Centrální místo (Head-end)
- Páteřní síť (Core network)
- Regionální odbavovací centrum (Local office)
- Přístupová síť (Access network)
- Domácnost (Home)



Obr. 2.2: Příklad topologie sítě IPTV [4]

### Centrální místo (Head-end)

Obsahuje zařízení pro příjem signálu, dekódování, kódování, zpracování a vytvoření jednotlivých datových proudů (streamů). Zde je hlavní vstup do sítě poskytovatele pro televizní i rozhlasové vysílání. Stanice jsou získávány nejčastěji z pozemního vysílání (DVB-T, DVB-T2, analog) nebo ze satelitního (DVB-S, DVB-S2, analog).

V tomto centru se přichází signál nejdříve zpracovává a následně streamuje do páteřní sítě poskytovatele. V případě příjmu analogového signálu se provede digitalizace a následně komprese například do MPEG-2 (Motion Picture Experts Group – 2), MPEG-4 AVC (Motion Picture Experts Group – 4 Advanced Video Coding) nebo VC-1 (Video Codec – 1). U digitálního signálu se zachová kódování, nebo dle potřeby je signál transkódován do jiného kodeku.

Z Head-endu jsou vysílány datové proudy a každý z nich obsahuje jeden konkrétní program. Pokud bychom chtěli z Head-endu vysílat individuální datové proudy pro každého koncového zákazníka, znamenalo by to velkou zátěž páteřní sítě poskytovatele. [8]

### Páteřní síť (Core network)

Páteřní síť poskytovatele zajišťuje přenos datových proudů do přístupových sítí. Pro páteřní síť se používají nejčastěji technologie:

- Multiservice networks postavena na IP/MPLS
- ATM over SDH/SONET

**Regionální odbavovací centrum (Local office)**

Je to lokální, neboli regionální odbavovací centrum, kde jsou umístěny TV (TeleVision) archivy, VoD (Video on Demand) servery. Je zde možnost přidávání regionálního televizního a rádiového vysílání, nahrávání uživatelem zvolených pořadů, atd. Více o daných službách je popsáno níže v kapitole 2.1.5. [8]

**Přístupová síť (Acces network)**

Úkolem přístupové sítě je distribuce datových proudů k zákazníkovi, a je zde potřebná dostatečná kapacita. Proto se pro přístupové sítě používají:

- Optická vlákna
- bezdrátové sítě
- xDSL

**Domácnost (Home)**

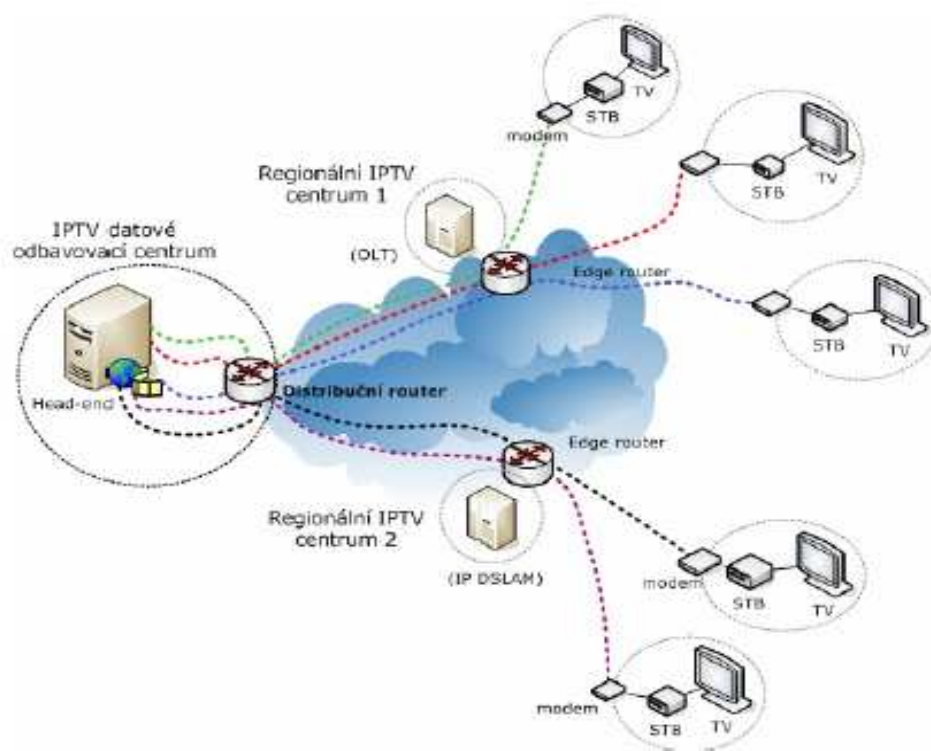
Na konci topologie IPTV se nachází již zařízení zákazníka jako jsou modemy, domácí brány, stolní počítače, set-top-boxy. Tyto zařízení slouží jako zakončení přístupové sítě u zákazníka (modemy, domácí brány) a pro převod datových proudů na signály (set-top-boxy, počítače), které se zobrazují na televizorech nebo displejích počítačů. [8]

**2.1.2 Způsob distribuce**

Existuje několik metod vysílání multimediálních dat, ale pro potřeby IPTV jsou vhodné pouze dvě. Jedná se o unicast a multicast.

**Unicast**

V tomto případě je přenos dat mezi serverem a koncovým zařízením iniciován serverem, jak je znázorněno na obrázku 2.3. Komunikace probíhá pouze mezi dvěma zařízeními, což je lehce implementovatelná metoda, ale na druhou stranu nevyužívá efektivně kapacitu sítě. Server musí vysílat tolik datových proudů, kolik je uživatelů v síti. Tato metoda se používá pro přenos u služby VoD, kde je daný individuální datový proud vysílán pouze jednomu uživateli. Pro řízení datového proudu se používá protokol RTSP, který umožňuje kontrolu nad multimediálním proudem. [3][4][6][7]



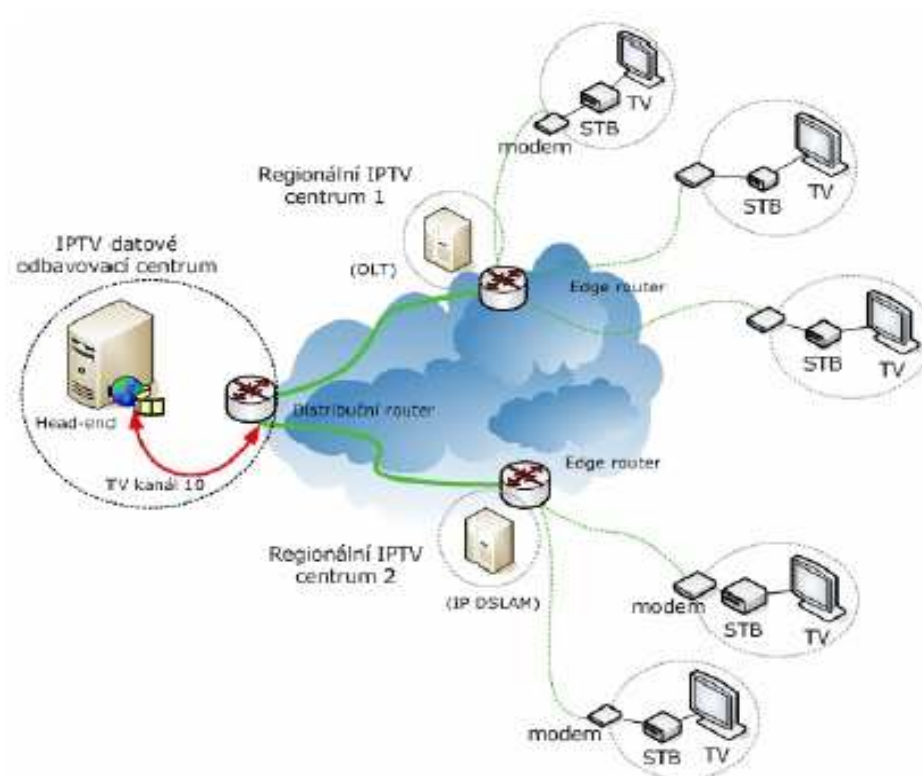
Obr. 2.3: Unicast vysílání [4]

### Multicast

Jedná se o mnohem lepší metodu oproti unicastu. Komunikace probíhá mezi více stanicemi. Server vysílá datový proud pouze jednou a zbylá práce s distribucí je na síťových bránách, jak je znázorněno na obrázku 2.4. Pro síť založenou na multicastu se využívá směrovací protokol PIM (Protocol Independent Multicast), který vytváří distribuční strom sítí a provádí přeposílání dat mezi směrovači v síti.

Inicializace přenosu dat probíhá uživatelem, který musí být členem multicastové skupiny. Pro identifikaci skupin uživatelů se používají multicastové IP adresy 224.0.0.0 - 239.255.255.255.

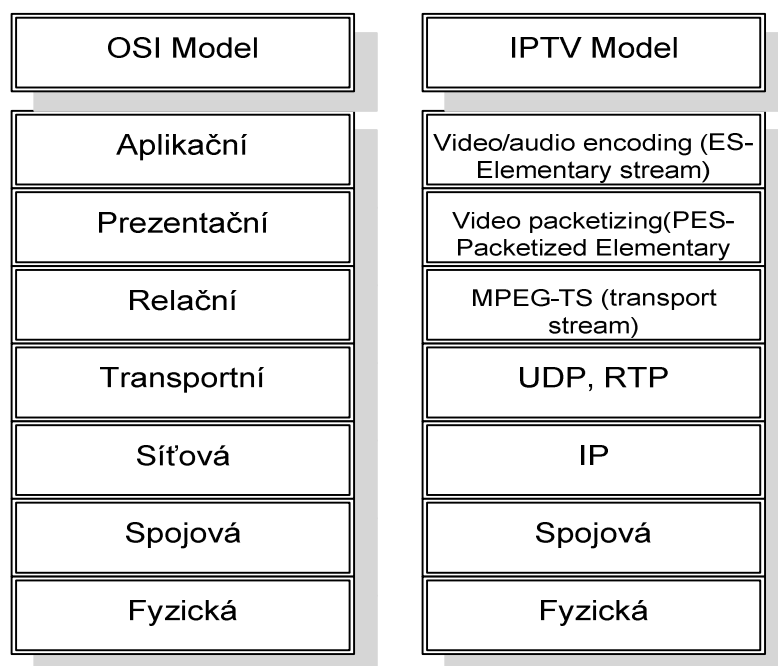
Hlavním důvodem použití multicastu, je snížení zátěže serverů a také zátěže sítě. Jako příklad si můžeme uvést program v MPEG-4 HDTV o datovém toku 12 Mbit/s, který chce sledovat 100 uživatelů. Server neodesílá 100 x 12 Mbit/s, což je 1,2 Tbit/s, ale pouze 12 Mbit/s. Z tohoto důvodu se tato technologie používá pro sledování TV kanálů. Samozřejmě musíme brát v potaz, že těchto 12 Mbit/s protéká sítí ať sleduje program 50 nebo žádný uživatel. [3][4][6][7]



Obr. 2.4: Multicast vysílání [4]

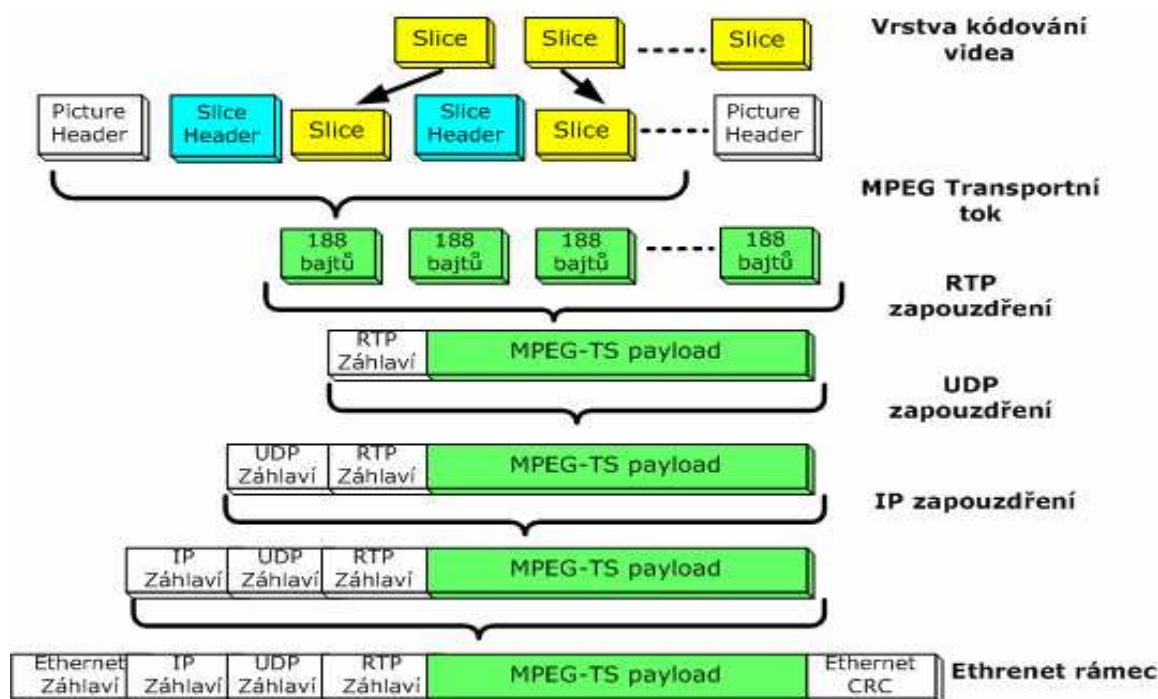
### 2.1.3 IPTV komunikační model

IPTV komunikační model vychází z referenčního OSI (Open Systems Interconnect) modelu a je složen ze sedmi vrstev jak je uvedeno na obrázku 2.5. Jednotlivé vrstvy mají svou funkci a jakmile jedna vrstva vykoná svou činnost, předá multimediální data do další vrstvy.



Obr. 2.5: IPTV komunikační model

Než budou data vysílána do sítě, musí projít celou řadou operací, které znázorňuje obrázek 2.6. Signál je nejdříve získán ze satelitního (DVB-S) nebo pozemního vysílání (DVB-T). U analogového vysílání je nutné nejprve provést digitalizaci a komprimaci vhodnou kompresí (MPEG-2, MPEG-4 AVC, VC-1). U digitálního signálu zůstává kódování původním kodekem nebo může být transkódován do jiného kodeku. Tak nám vznikne souvislý datový proud, který je rozdělen do malých bloků PES (Packetized Elementary Stream). Bloky dat jsou opatřeny záhlavím snímku a záhlavím bloku dat. Tyto bloky jsou dále sdružovány do přenosového datového toku MPEG-TS (MPEG – Transport Stream). Tento proces se provádí na horních třech vrstvách IPTV komunikačního modelu. Na spodních čtyřech vrstvách dochází k dalšímu zapouzdření přenášeného signálu a k jeho přenosu mezi serverem a koncovými uživateli.



Obr. 2.6: Zapouzdření multimediálního signálu [4]

## IP protokol

Jedná se o protokol na síťové vrstvě a umožňuje spojení jednotlivých sítí do celosvětového internetu. Jeho úkolem je dopravovat datové pakety mezi dvěma libovolnými cíly. Na cestě k příjemci se často vyskytují směšovače a každý z nich následně řeší samostatně směrování k dalšímu směrovači. IP protokol na těchto směrovačích rozhoduje, kudy bude každý konkrétní datový paket směrován, aby se dostal ke svému cíli. Hlavním úkolem IP protokolu je přenášení dat s maximální efektivností, někdy se říká nespolehlivý protokol, proto neřeší nápravu poškozených dat a prostě je zahodí. Pro opravu chyb se používají protokoly vyšších vrstev. [10] [11]

Dalším rysem je nespojované fungování protokolu, což znamená navazování spojení před každým přenosem.

IP protokol je tvořen několika dílčími protokoly:

- vlastní protokol IP
- služební protokol ICMP (Internet Control Message Protocol) sloužící k signalizaci mimořádných stavů
- služebním protokolem IGMP (Internet Group Management Protocol) sloužícím k dopravě adresných oběžníků



- služební protokoly ARP (Address Resolution Protocol) a RARP (Reverse Address Resolution Protocol), často vyčleňované jako samostatné protokoly

### **UDP protokol**

Protokol UDP (User Datagram Protocol) je protokol transportní vrstvy. Oproti IP protokolu, přenáší data mezi dvěma konkrétními aplikacemi běžícími na konkrétních počítačích. Stejně jako u IP protokolu si zachovává nespolehlivý a nespojovaný způsob fungování.

Jedním z hlavních úkolů UDP protokolu, je rozlišení mezi různými odesílateli a příjemci v rámci stejného uzlu. Na jednom uzlu může běžet více aplikací, proto se přenášená data musí opatřit informací, která umožní rozlišení odesílatele a příjemce. Daná informace je IP adresa vyjadřující uzel jako celek a číslo portu, které už je přiřazeno dané aplikaci.

Nasazení protokolu UDP je vhodné pro servery obsluhující mnoho klientů, odesílající velké množství dat, a kde se počítá se ztrátami dat a není vhodné ztrácet čas novým odesíláním nedoručených zpráv. Z pohledu multimediálních služeb můžeme tolerovat menší ztrátu přenášených dat. U diváka se může tato ztráta projevit například dočasným poškozením zvuku, probliknutí artefaktů v obraze, nebo dočasné zastavení obrazu. Opětovné doručení bezchybných dat není možné, protože by došlo k rozsynchronizování přehrávání. Z tohoto důvodu je UDP protokol vhodný pro real-time data. [10] [11]

### **RTP protokol**

Protokol RTP (Real – Time Transport Protocol) odstraňuje neschopnost protokolu IP garantovat různým druhům přenášených dat různé podmínky, jako na úkor jiných dat garantovat nižší přenosové zpoždění a větší pravidelnost doručení.

RTP definuje formát pro přenos multimediálních dat přes IP síť. Sám o sobě data nepřenáší, ale obsahuje procedury, které umožňují rekonstrukci přenášených dat u příjemce. Je vytvořený tak, aby oddělil přenos uživatelských dat od dat řídicích. [10]

### **RTCP protokol**

Často se používá RTP protokol s RTCP (RTP Kontrol Protocol) protokolem. RTCP sám žádná data nenese, pouze poskytuje řídicí informace pro RTP. Jeho hlavní funkcí je poskytnutí zpětné vazby na kvalitu služeb označované také jako QoS (Quality of Service). Jedná se zejména o ztrátovost paketů, kolísání zpoždění, zpětnou vazbu a dobu odezvy. [10]

### 2.1.4 Přístupové sítě pro přenos

Vzhledem k potřebě přenosu velkých objemů dat, se používají pro koncové uživatele širokopásmové přístupové sítě. Pro jednotlivce nebo v oblastech s menší hustotou obydlí se většinou využívají přípojky typu xDSL (x Digital Subscriber Line), které využívají infrastrukturu stávajícího metalického telefonního vedení. Oproti tomu, v oblastech, kde je hustota obydlí velká se již poskytovatelům vyplatí investice do optických přípojek. V případě bytových domů je potřeba přivést velké datové toky, proto je optika nejlepší řešení. Z hlediska technologie se můžeme nejčastěji setkat s pasivní optickou sítí PON (Passive Optical Network) ve variantách APON (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network), GPON (Gigabit Passive Optical Network), EPON (Ethernet Passive Optical Network). Optické přípojky se rozlišují také podle toho, kde jsou zakončeny. Nejčastěji FTTC (Fibre To The Curb) nebo FTTH (Fibre To The Home). [5] [10]

Tab. 2.1. Náročnost přenosu digitální televize

Typ vysílání	SDTV	SDTV	HDTV	HDTV	
Typ komprese	MPEG-2	MPEG-4 AVC	MPEG-2	MPEG-4 AVC	
Přenosová rychlost [Mb/s]	4 až 7	2 až 3	18 až 20	5 až 7 (720p/25) 8 až 14 (1080p/50)	přímý přenos fotbalového utkáni až 22 (1080p/50)

### 2.1.5 Služby poskytované IPTV

IPTV neposkytuje jen distribuci televizních a rozhlasových stanic, ale také služby které nemohou poskytnout jiné typy digitálního vysílání, jako je video na přání, My own TV a další. Většinu služeb poskytovaných prostřednictvím IPTV můžeme rozdělit do dvou skupin, a to na služby s lineárním obsahem a služby s nelineárním obsahem.

Služba s lineárním obsahem je charakteristická pevně daným obsahem a o konkrétním obsahu rozhoduje poskytovatel. Jsou vysílány datové proudy pro širokou skupinu uživatelů, jako jsou televizní nebo rozhlasové stanice.

Oproti tomu služby s nelineárním obsahem nemají pevné vysílací schéma a o obsahu, začátku a délce si rozhoduje každý příjemce sám. V takovém případě bývají streamovací servery umístěny co nejblíže přístupové síti, aby nedocházelo k velké zátěži poskytovatele.

**VoD (Video on Demand)**

Video na přání je služba s nelineárním obsahem. Vysílání datových proudů je realizováno na základě objednávky zákazníka v době, kterou si sám volí. Tuto službu je možné přirovnat k videopůjčovně, protože je zpoplatněna. Jediný rozdíl je, že zákazník nemá k dispozici daný pořad nebo film na fyzickém médiu. Zákazník si kupuje pouze práva podobná jako u klasické videopůjčovny. Poskytovatel pak zpřístupní zákazníkovi přístup k individuálnímu datovému proudu. Funkčnost datového proudu je omezena časově, nejčastěji 24 hodin. Po tuhle dobu může zákazník opakovaně sledovat film, posouvat na začátek nebo do libovolně vybraného místa, stejně jako u fyzických médií. Po uplynutí předplacené doby je datový proud pro zákazníka uzavřen.

Výběr filmu nebo pořadu je prováděn na základě katalogu poskytovatele, kde si také zákazník vybírá jazykovou verzi, případně titulky.

Placení práv má několik možností, samozřejmě záleží na poskytovateli služby jakým způsobem má nastavený způsob plateb. Asi nejčastějším způsobem je vytvoření účtu u poskytovatele, ze kterého se při objednávce odepíše příslušná částka. Dalšími způsoby placení jsou bankovní převod, platba pomocí mobilního telefonu, nebo vyúčtování na fakturu.

**EPG (Elektronic Programming Guide)**

Jedná se o programového průvodce, což je specifická služba digitální televize zobrazující se na obrazovce. Každý vysílaný program je popsán určitým způsobem a tyto informace o programu jsou vysílány v souhrnném datovém proudu společně s televizními a rozhlasovými stanicemi. Průvodce bývá zpravidla zabudován do IP set-top-boxu. Jsou využívány pouze ty informace, které jsou v rámci datového proudu popsány. Vzhled a provoz programového průvodce je pro každý přijímač specifický.

Službu EPG může také sestavovat poskytovatel, jako samostatnou interaktivní službu, kde není služba vysílána, ale stahována do přijímače.

Dále tato služba nabízí televizní program vysílaných pořadů na týden nebo dva týdny dopředu. Oproti klasickému novinovému magazínu, umožňuje vyhledávání pořadů, například podle žánru, hereckého obsazení, režiséra, distribuční společnosti. Tuto službu nabízí i další typy digitálního vysílání.

**PPV (Pay Per View)**

Kromě volně šířitelných nebo zpoplatněných prémiových stanic, je nabízena také možnost objednávky konkrétního televizního programu na principu PPV, což v překladu znamená „plat’ podle zhlédnutí“.

Oproti službě VoD se jedná o službu s lineárním obsahem. Zákazník si pořad musí také objednat, ale pořad je vysílán opakovaně současně s televizními a rozhlasovými stanicemi v souhrnném datovém proudu. Po zaplacení je zákazníkovi zpřístupněn datový proud. Zvolený pořad pak sleduje přímo, nebo si jej uloží na pevný disk a shlédne jej později. Placení je prováděno stejným způsobem jako u služby VoD.

**VCR (Video Cassette Recorder)**

Tato služba umožňuje zákazníkovi nahrávání zvoleného filmu nebo pořadu, který nestihnul a později si jej přehrát. Nahrávání je realizováno buď přímo u poskytovatele IPTV nebo u samotného zákazníka.

V případě varianty u poskytovatele, provádí nahrávání video servery. Zákazník si dá požadavek a video server začne lokálně nahrávat zvolený pořad. Nahrávka je uložena jen určitou dobu po kterou si může zákazník záznam kdykoli přehrát.

V druhém případě závisí na vybavení IP set-top-boxu u zákazníka. Ten musí být vybaven pevným diskem, kam si zákazník ukládá pořady sám. Výhodou je, že možnost uložení není omezena časově jako u video serveru.

**My own TV**

Pomocí této služby si může zákazník vytvořit amatérská videa nebo záznamy s vlastními fotografiemi a sdílet je s ostatními uživateli IPTV.

**Superteletext**

Ve své podstatě je to vylepšená verze klasického textového teletextu z analogové televize. Princip je stejný, pro uživatele jsou připraveny informace, které jsou vysílány stále dokola. Superteletext je plně grafický, informace jsou doplněny o grafické informace a můžeme jej přirovnat ke zpravodajským portálům s uzpůsobeným vzhledem pro televizní obrazovky.

Zásadní funkcí oproti klasickému teletextu, je tzv. off-line prohlížení, což znamená, že veškerý obsah je uložen přímo v IP set-top-boxu a není možné se dostat na jiné stránky, které nejsou uloženy v IP set-top-boxu. Díky obousměrnému přenosu signálu a předpokladu podpory IP set-top-boxu je možné zprostředkovávat plnohodnotné prohlížení webových stránek.

**Kontrola účtu**

Pro tuhle službu je nutné, aby měl zákazník zaveden účet u poskytovatele. Pak má zákazník přehled o jednotlivých provedených platbách, stavu svého konta pro placené služby, o všech vypůjčených a objednaných titulech prostřednictvím služby VoD nebo PPV.

**MHP (Multimedia Home Platform)**

Pro digitální vysílání, tak i pro IPTV jsou interaktivní služby asi největším přínosem. S těmito interaktivními službami se můžeme setkat již dnes v podobě zasílání SMS při hlasování.

Interaktivní služby jsou vysílány v souhrnném datovém proudu společně s televizními a rozhlasovými programy. Pro tyto služby je potřebný vhodný hardware a jednotné prostředí ve kterém mohou pracovat. MHP je právě to požadované vhodné prostředí, ale IP set-top-box musí mít tuto platformu v sobě zabudovanou.

Interaktivní služby jsou napsány v Javě a zpravidla takové, které již dobře známe, jako je webový prohlížeč, internetové služby, VoIP (Voice over Internet Protocol), EPG, hry, superteletext a další.

**Rodičovský zámek**

U lépe vybavených IP set-top-boxů je možnost vytvoření individuálního programového profilu. Zákazník si uspořádá nabídky televizních programů nebo zpřístupní pouze jednotlivé pořady na různých televizních stanicích. To umožní blokovat nevhodné stanice nebo pořady.

U jednodušších modelů IP set-top-boxů se základní výbavou nemusí být funkce vytváření profilů podporována. Zde se využívají uživatelská hesla pro zobrazení vybraných televizních programů.

**2.1.6 Způsob komprese**

Na začátku přenosového řetězce jsou data upravena tak, aby byla vhodná pro přenos sítí. Data před kompresí mají velké datové toky, a byla by nutná velká přenosová kapacita. V IPTV se nejvíce používají kompresní technologie MPEG-2, MPEG-4 AVC a VC-1. [10]

**MPEG-2**

V současnosti je to nejrozšířenější způsob kódování dat. To je dáno hlavně koncovými zařízeními, které masově umožňují zpracování datového signálu v tomto standardu. Jeho hlavní vlastností je otevřenost a pružnost. Za dobu své existence se také zlepšila obrazová kvalita, která v počátcích nebyla zrovna nejlepší. [10]

**MPEG-4 AVC**

V současné době s postupným zaváděním technologií HDTV (High Definition TeleVision) je potřeba kódovat data, která poskytují lepší kvalitu obrazu a zvuku při nižších datových tocích. Hlavní výhodou je přibližně třikrát vyšší komprese, než při použití MPEG-2. Samozřejmě musíme počítat s větší potřebou výpočetního výkonu pro kódování i dekódování. Další velkou výhodou je postprocessing videa, takzvaný deblocking filtr, který je schopný se postarat o většinu obrazových kazů způsobených kódováním. [10]

**VC-1**

Jedná se o standard firmy Microsoft. Využívá se jak pro kompresi multimediálních dat po internetu, tak i pro kompresi videa a zvuku na Blu-ray a HD-DVD discích. Je přímým konkurentem MPEG-4 AVC. Má nižší náročnost dekomprese, ale zato nižší kvalitu obrazu. [10]

**2.1.7 Parametry QoE/QoS**

Při příjmu IPTV je pro diváka důležitá kvalita videa a zvuku, což tvoří hlavní dojem ze služby. Proto byl zaveden pojem QoE (Quality of Experience), což je subjektivní parametr pro posouzení kvality signálu u diváka. K hodnocení signálu byla vytvořena stupnice MOS (Mean Opinion Score), škálována od 1 do 5, tedy od nejhoršího po nejlepší přijímaný signál. Špatná kvalita signálu se projevuje zamrznutím obrazu a zvuku, chyby ve snímcích, špatná synchronizace zvuku s obrazem. [10]

Pro zabezpečení kvality přenosu signálu byla definována QoS, která přesně určuje přenosové veličiny z pohledu IP paketů a jejich přesné dodržování. Zejména se jedná o:

- Propustnost
- Ztrátovost a chybovost
- Zpoždění
- Kolísání zpoždění
- Zpoždění při přepnutí kanálu

- Zvuk/video synchronizace

## **2.2 Pozemní vysílání DVB-T**

Pozemní digitální vysílání je nový nástupce analogového vysílání. Jak již bylo řečeno dříve, bylo již vyčerpáno frekvenční spektrum a jak provozovatelé, tak diváci mají požadavky na kvalitnější služby, které jim analogová televize neumožnila.

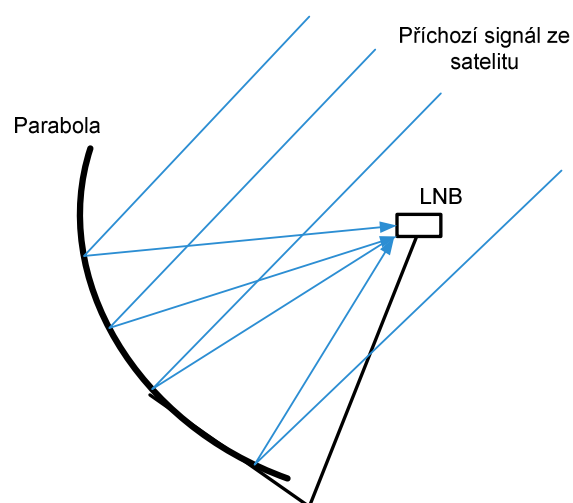
Hlavní výhodou je kvalita příjmu, vzhledem k tomu že digitální vysílání je méně náchylné na rušení. Prakticky to znamená, že přijímáme dostatečně silný signál a máme kvalitní obraz i zvuk, ale pokud máme signál slabší, dochází ke kostičkování obrazu a zamrzání obrazu i zvuku.

Princip pozemního digitálního vysílání spočívá v kompresy signálu, sloučení více televizních programů a dalších signálů do jednoho balíku, kterému se říká multiplex. Multiplex je datový kanál, který obvykle přenáší 4 – 6 televizních kanálů, které jsou na začátku sloučeny multiplexerem do datového toku. [8]

## **2.3 Satelitní vysílání DVB-S**

Digitální satelitní vysílání je již mnoho let fungující systém, který vysílá signál z antén umístěných na družicích, které se nacházejí na geostacionární dráze asi 36 tisíc kilometrů nad zemským povrchem. Proto jsou schopny pokrýt signálem velké území a signál není ovlivněn terénními překážkami.

Signál je přijímán nejčastěji parabolickými anténami, kde přijímaný signál je odražen do ohniska antény, kde je přijímač LNB (Low Noise Block) konvertor, jak je názorně vidět na obrázku 2.7. Konvertor přijatý signál zesílí a převádí na takový kmitočet, který umí satelitní přijímač zpracovat. Jedná se o převod z frekvenčního spektra GHz na frekvenční spektrum MHz.



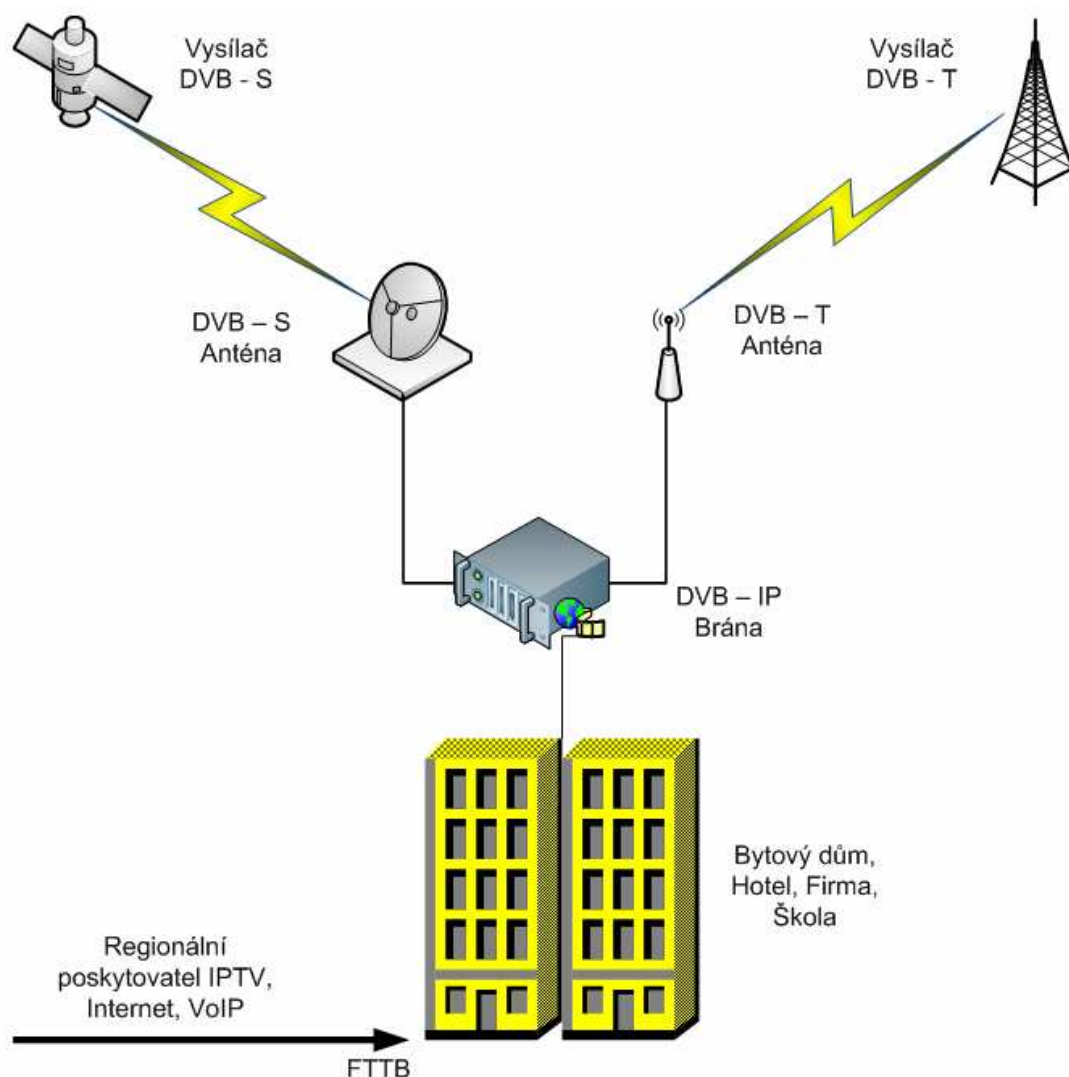
Obr. 2.7: Princip odrazu signálu od antény na LNB konvertor

Velkou výhodou příjmu ze satelitu je výborná kvalita bez obrazu s duchy, šuměním nebo zrněním. Další výhodou je, že se satelit nemusí omezovat pozemními vysílači a přidělováním nedostatkových frekvencí. Proto nabízí tisíce televizních a rozhlasových stanic i v HD (High Definition) kvalitě rozlišení a do budoucna nově nastupující 3D technologii. [9]



### 3 NÁVRH DATOVÉ SÍTĚ PRO PROVOZ IPTV

V této kapitole se dostáváme k samotnému fyzickému řešení datové sítě pro provoz IPTV. Jedná se o příjem IPTV od regionálního poskytovatele a implementaci příjmu televizního vysílání z pozemního a satelitního vysílání, jak je znázorněno na obrázku 3.1



Obr. 3.1: Obecné řešení příjmu IPTV s implementací DVB- T, DVB - S

Součástí této části je také popis jednotlivých prvků potřebných pro příjem jednotlivých signálů, jejich úpravu až po zobrazení signálu na televizním přijímači nebo počítači. V podstatě můžeme říci, že si vytvoříme vlastní lokální neboli regionální odbavovací centrum, ale pouze s nejdůležitějšími prvky sítě.

### 3.1 Příjem IPTV od regionálního poskytovatele

V současné době, kdy je velká poptávka po rychlém internetu, budují poskytovatelé ve městech optické sítě. Součástí jejich nabídky je také IPTV a VoIP telefonie. Tato kombinace tří služeb se také nazývá Triple play. Vzhledem k množství přenášených dat pro velké množství koncových uživatelů a předpokladu, že v budoucnu bude potřeba přenášet ještě větší objemy dat, je tahle varianta nejvíce zajímavá.

Pro bytové domy se nejčastěji využívá zakončení FTTB (Fiber To The Building), kde je zakončení v optické síťové jednotce ONU (Optical Network Unit). Optická síťová jednotka slouží jako rozhraní mezi optickou přístupovou sítí a sítí v bytovém domě postavené na metalické kabeláži a přepínačích. Tahle varianta je z ekonomického hlediska levnější, než přivádět optiku do bytu. Samozřejmě už v dnešní době se v některých novostavbách objevují optické zakončení přímo v bytě.



Obr. 3.2: Optická síťová jednotka ONU

Pro příjem od regionálního poskytovatele IPTV jsem zvolil sedm programů v HD kvalitě, které budou poskytovány v mé IPTV síti jako HD balíček.

Zvolená programová nabídka IPTV od regionálního poskytovatele:

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| • ČT HD   | - všeobecný kanál        |
| • NOVA HD   | - zábavní kanál          |
| • NOVA SPORT HD   | - sportovní kanál        |
| • HBO HD  | - filmový kanál          |
| • EUROSPORT HD  | - sportovní kanál        |
| • DISCOVERY CHANNEL HD  | - populárně naučný kanál |
| • DISCOVERY HD SHOWCASE   | - dokumentární kanál     |
| • Jako bonus HBO DIGITAL (VoD videopůjčovna zdarma k programu HBO HD) |                          |

### **3.2 Příjem satelitního vysílání DVB – S**

Jedna z možností získání televizních programů pro IPTV je příjem signálu pomocí satelitní antény.

#### **Satelitní anténa**

Satelitní anténa neboli parabola je nejčastěji tvaru talíře. Velikost plochy je důležitá v závislosti na klimatických podmínkách, při příjmu z více družic a samozřejmě v závislosti na výběru družice. Z toho nám vyplývá, že čím větší je plocha antény, tím silnější signál bude detekován přijímačem.

Satelitní antény se rozdělují na:

- Offsetová – je tvořená výsečí z ohniskové antény a její ohnisko leží mimo geometrický střed
- Středová – ohnisko leží ve středu plochy antény
- Cassegrain – využívá pomocného hyperbolického zrcadla umístěného v ohnisku a které odráží signál do středu odrazné plochy, kde je umístěn přijímač

Pro získání vysílání jsem zvolil offsetovou parabolickou anténu 100 Du Gibertini o průměru 100 cm, která nám zajistí kvalitní příjem i za nepříznivých klimatických podmínek.



*Obr. 3.3: Zvolená parabolická anténa*

Parametry paraboly:

- Průměr 100 cm
- Rozměr 970 x 1040 mm
- Zisk v 10,75 GHz 43,8 dB, 11,75 GHz 42,50 dB, 12,75 GHz 43,9 dB

- Elevační úhel 0 – 80°
- Ofset úhel 21°
- Odolnost do rychlosti větru 195 km/h
- Uchycení konvertoru 40 mm
- Montáž na stožár od 30 do 90 mm

**LNB konvertor**

Součástí přijímací části musí být také LNB konvertor. Vzhledem k tomu, že potřebujeme přivádět signál do několika DVB – S modulů, vybral jsem LNB konvertor Megasat Diablo Quad, který disponuje čtyřmi výstupy.



*Obr. 3.4: Zvolený LNB konvertor*

Parametry LNB konvertoru:

- Připojení až 4 přijímačů
- Šumové číslo 0,1 dB
- Vstupní frekvence 10,7 – 12,75 GHz
- Výstupní frekvence 950 – 2150 MHz
- Průměr hrdla 40 mm

**Propojení s přijímačem**

Zde nesmíme zapomenout na propojení antény s DVB – S moduly. Pro tyto účely se používá koaxiální kabel zakončený koncovkami takzvanými F – konektory.



*Obr. 3.5: F-konektor, koaxiální kabel*

Ze satelitního digitálního vysílání budou přijímány programy zařazené do bonusové nabídky. Jedná se o 12 programů z nabídky poskytovatele Skylink, aktuálních k 26.4.2011, získávaných ze satelitu 23,5°E Astra 3A, 3B.

Programová nabídka ze satelitního digitálního vysílání:

- |               |                       |
|---------------|-----------------------|
| • STV 1       | - všeobecný kanál     |
| • STV 2       | - všeobecný kanál     |
| • STV 3       | - sportovní kanál     |
| • MARKÍZA     | - zábavní kanál       |
| • DOMA        | - kanál pro ženy      |
| • SPORT 1     | - sportovní kanál     |
| • EUROSPORT   | - sportovní kanál     |
| • EUROSPORT 2 | - sportovní kanál     |
| • NOVA SPORT  | - sportovní kanál     |
| • MTV CZECH   | - klipy, životní styl |
| • ÓČKO        | - hudební kanál       |
| • HUSTLER     | - erotický kanál      |

### **3.3 Příjem pozemního vysílání DVB – T**

Pro příjem pozemního digitálního vysílání není třeba žádné speciální antény. Vzhledem k tomu, že digitální vysílání je stejně jako analogové šířeno ve stejném pásmu, naskýtá se možnost použít stávající antény. V současné době existuje mnoho typů antén, které se hodí do

různých podmínek. Pro mé řešení jsem zvolil venkovní anténu, která je také vhodná pro příjem ze vzdálenějších vysílačů.



*Obr. 3.6: Anténa pro příjem pozemního vysílání*

Parametry antény:

- Příjem kanálů v pásmu UHF
- Zisk 10 – 16 dB
- Uchycení na trubku do průměru 70 mm
- Možnost vložení předzesilovače

### **Propojení s přijímačem**

Stejně jako u satelitního příjmu potřebujeme propojit anténu s přijímačem, v mém případě se jedná o tři DVB – T moduly. Zde opět použijeme koaxiální kabel s koncovkami jak je znázorněno na obrázku 3.5, a navíc zařadíme rozbočovač pro rozvod signálu do tří modulů.



*Obr. 3.7: Rozbočovač*

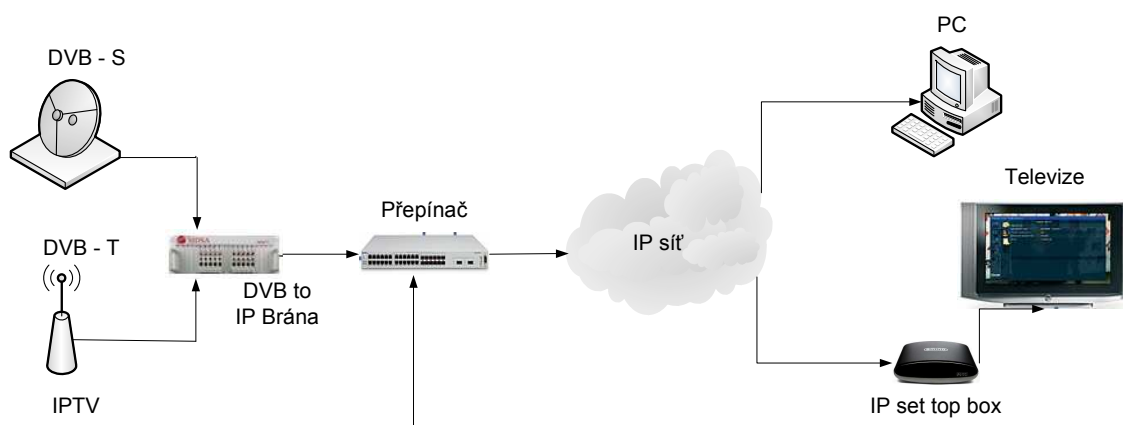
Pomocí pozemního digitálního vysílání budou přijímány programy zařazené do základní nabídky. Jedná se o 10 programů, aktuálních k 26.4.2011, vysílaných ze tří celoplošných vysílacích sítí.

Programová nabídka z pozemního digitálního vysílání:

- ČT 1 - všeobecný kanál
- ČT 2 - všeobecný kanál
- ČT 24 - zpravodajský kanál
- ČT 4 SPORT - sportovní kanál
- NOVA - zábavní kanál
- PRIMA - zábavní kanál
- BARRANDOV - zábavní kanál
- NOVA CINEMA - seriálový, filmový kanál
- PRIMA COOL - zábavní kanál
- PRIMA LOVE - kanál pro ženy

### 3.4 Implementace jednotlivých vysílání do datové sítě

Pro implementaci signálů do datové sítě je zapotřebí použít DVB to IP bránu, která nám slouží jako přijímač pro pozemní a satelitní vysílání. Následně vysílání upraví do datových proudů, které již zákazník vnímá jako IPTV. Mé řešení implementace signálů je schématicky znázorněno na obrázku 3.8.



Obr. 3.8: Řešení s použitím DVB to IP brány

Zde jsem zvolil profesionální řešení od firmy SIDSA, jejíž distributorem pro českou republiku je firma MediaStream, s.r.o. Na obrázku 3.9 je znázorněno 19" rackové šasi pro 21 modulů, do kterého se vkládají jednotlivé DVB moduly. Jedná se o převodník mezi digitálním vysíláním modulovaným do rádiové frekvence DVB a IPTV infrastrukturou. Oproti

softwarovému řešení, které uvádím v kapitole 3.6, se jedná o čistě hardwarové řešení s garantovanými vlastnostmi a provozní spolehlivostí. [11]



*Obr. 3.9: Rackové 19“ šasi*

Parametry šasi POL – ETV – SR21:

- 19“ šasi 4RU
- Interní zdroj 300 W, 90 – 260 V AC s ventilátorem
- Kapacita 21 modulů
- Rozměry: 176 x 480 x 355 mm
- Váha 8,5 kg
- Provozní teplota 0 – 50° C, vlhkost < 80 %

Pro zvolenou nabídku programů z pozemního vysílání je zapotřebí tří DVB - T modulů, protože každý modul převede jen programy z jedné vysílací sítě do datových proudů. V našich podmínkách stačí modul bez CI (Common Interface) slotů, protože pozemní vysílání není kódováno.

- 1 x DVB – T modul: Vysílací síť 1 – ČT 1, ČT 2, ČT 24, ČT 4 SPORT
- 1 x DVB – T modul: Vysílací síť 2 – NOVA, PRIMA, BARRANDOV, NOVA CINEMA, PRIMA COOL
- 1 x DVB – T modul: Vysílací síť 3 – PRIMA LOVE





Obr. 3.10: DVB modul bez CI slotů

Parametry DVB – T modulu:

- Konektor: IEC female, 75  $\Omega$
- Vstupní úroveň: - 88 až - 20 dBm
- Frekvence: VHF 174 – 230 MHz a UHF 470 – 862 MHz
- Kanálová šířka pásma: 7,8 MHz
- Provozní modulace: QPSK, 16QAM, 64QAM
- Převod až 14ti kanálů z jednoho multiplexu
- Unicast a Multicast datové proudy
- Podpora SAP/SDP
- Jednoduchá konfigurace pomocí POLARplus manager programu
- Demultiplexace EIT/EPG informací
- SNMP dohledování
- Síťové rozhraní: RJ 45 10/100

Další variantou příjmu je satelitní vysílání, pro které je již zapotřebí DVB modulu s CI sloty. Do CI slotů se vkládají klasické dekódovací karty jako do běžných přijímačů. Díky dvěma slotům je možné přijímat jak programy ze zvolené nabídky Skylink, tak i další programy ze stejné frekvence, ale od jiného poskytovatele. Pro zvolené programy je třeba čtyřech modulů, kde pro každou frekvenci je potřeba samostatný modul.

- 1 x DVB – S modul: 23,5°E 12 070 MHz – MTV CZECH, SPORT 1, EUROSPORT 2,

## NOVA SPORT

- 1 x DVB – S modul: 23,5°E 12 565 MHz – STV 1, STV 2, STV 3, MARKÝZA, DOMA
- 1 x DVB – S modul: 23,5°E 12 344 MHz – EUROSPORT, HUSTLER
- 1 x DVB – S modul: 23,5°E 12 168 MHz – ÓČKO

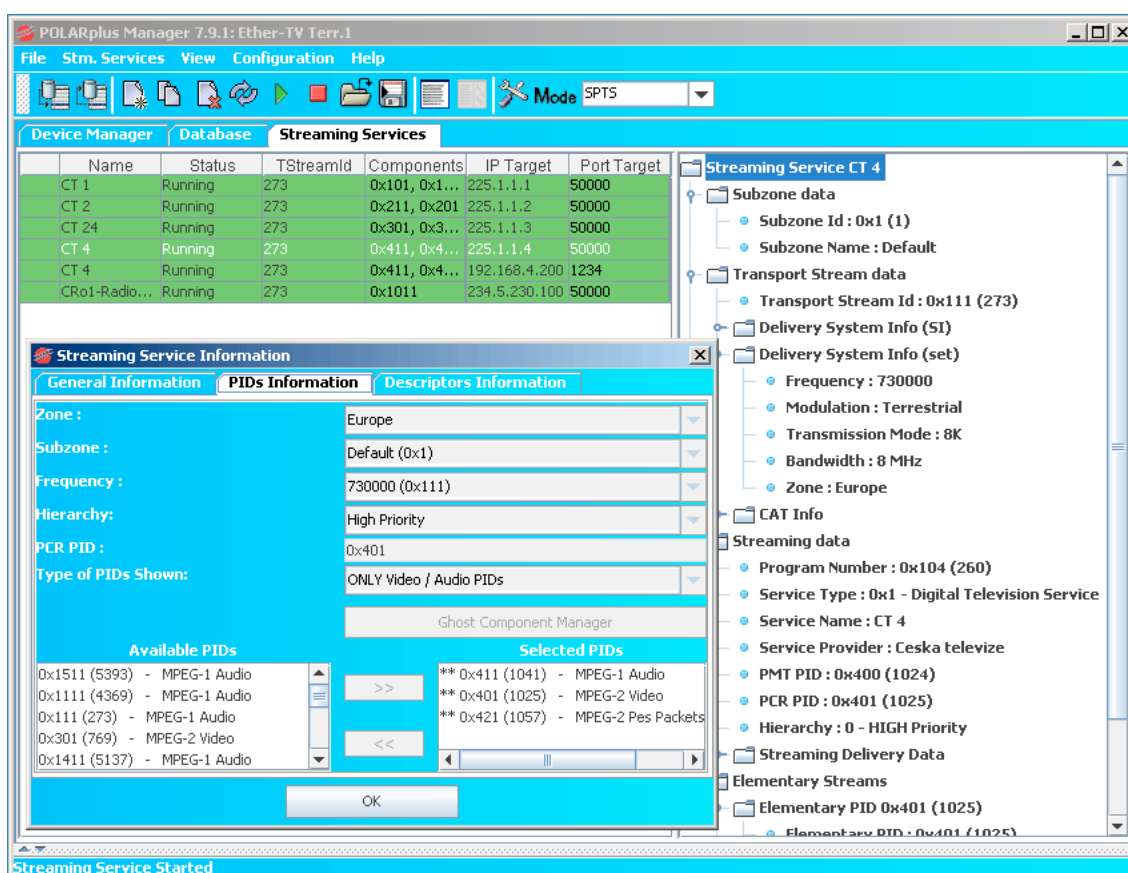


*Obr. 3.11: DVB modul s CI sloty*

Parametry DVB – S modulu:

- Konektor: F – konektor female, 75  $\Omega$
- Vstupní úroveň: - 70 až - 25 dBm
- Frekvence: 950 - 2150 MHz
- FEC: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
- Převod až 14ti kanálů z jednoho multiplexu
- Unicast a Multicast datové proudy
- Podpora SAP/SDP
- Jednoduchá konfigurace pomocí POLARplus manager programu
- Demultiplexace EIT/EPG informací
- SNMP dohledování
- Síťové rozhraní: RJ 45 10/100

Nedílnou součástí dodávky výše uvedené DVB to IP brány je ovládací program POLARplus manager, který umožňuje monitorování stavu pomocí protokolu SNMP (Simple Network Management Protocol), vzdálenou konfiguraci a ovládání DVB modulů. Po dobu platnosti záruky je k dispozici technická podpora výrobce a veškeré aktualizace programů.



Obr. 3.12: POLARplus Manager – nastavení datových proudů

Třetím způsobem příjmu televizních programů je IPTV od místního poskytovatele, kde jsou přijímány programy v HD kvalitě. Pro implementaci do sítě jsem zvolil 2 x 28 portový přepínač Cisco SG300 – 28, kde do jednoho je napojena síť místního poskytovatele a jsou do něj napojeny i síťové výstupy z DVB modulů jak je naznačeno na obrázku 3.8. Z tohoto přepínače budou dále datové proudy posílány přímo ke koncovým uživatelům a do druhého přepínače, který nám rozšiřuje možnost připojení všech 44 bytů v domě.



Obr. 3.13: Přepínač Cisco SG300 28 portů

Parametry přepínače:

- 26 x 10/100/1000 GE portů
- 2 x 1 GB combo
- Přepínací kapacita 56 GBps
- Maximum VLAN 256
- Statický L3 routing
- IPv6 podpora
- Maximum MAC Address Table 8000
- Web Management rozhraní
- 19“ Rack Mountable

### **3.5 Způsob rozdělení balíčků**

Zde se nám nabízejí tři možnosti, jakým způsobem se bude provádět přidělení jednotlivých balíčků pro jednotlivé uživatele. Mnou zvolené programy jsou rozděleny do tří balíčků, a to na základní nabídku, bonusové programy a HD kanály.

#### **Rozdělení pomocí přepínače**

Jedná se o nejlevnější variantu rozdělení, které je čistě závislé na nastavení jednotlivých ethernet portů na koncovém přepínači, do kterého je připojena ethernetová zásuvka v bytě zákazníka. Dle požadavků zákazníka se mu povolí vybrané kanály a ty má možnost sledovat na svém set top boxu. Tohle řešení je pro mou relativně malou síť ekonomicky nejvhodnější. Zde je prostor pro drobné neduhy, což může být menší komfort uživatelů, až po faktické porušování autorských práv, které se ve velké míře toleruje.

#### **IPTV Middleware**

Druhou možností je middleware, což je nadstavbová logika, respektive jistá aplikační vrstva běžící na IP set top boxu a centrálně ovládaná middleware serverem. Využívá se pro nejjednodušší aplikace typu zobrazení EPG, přes objednání programových balíčků, až po řešení nahrávání různých pořadů nebo videa na přání. Middleware bývá často propojen přímo se sítí jako takovou, protože musíme chránit obsah. Proto při objednání vybraného balíčku middleware automaticky zkonfiguruje ethernet port na koncovém přepínači tak, že povolí vybrané kanály. Zároveň umožní možnost přepnutí na tyto kanály na set top boxu. Zpravidla také řeší vstup do

fakturačního nástroje, kde je možnost získání informací o objednaných balíčcích, zhlédnutém videu na přání, a také v jaké výši se má fakturovat.

Na middleware se specializují jiné firmy než na hardware. U nás vyvíjejí middleware dvě firmy a zde se dle konfigurace bavíme o stovkách tisíc. Může se orientačně počítat s investicí 150 000 Kč pro 0 – 1000 zákazníků a měsíční poplatek za správu 10Kč na zákazníka.

### **Podmíněný přístup (Conditional Access)**

Používá se jako třetí cesta k zabezpečení obsahu. Je poměrně drahý, podstatně bezpečnější a je akceptován firmami poskytujícími obsah. Pokud bude obsah chráněn pouze v rámci konfigurace portu, může se stát, že jeden zákazník si objedná kompletní nabídku, na svou zásuvku si připojí další přepínač a přes sebe připojí další byty. Zároveň je běžné, že pokud bych chtěl šířit prémiový kanál, tak v rámci podmínek poskytovatele pro šíření, jako je třeba cena, je také uveden seznam komerčních systémů pro podmíněný přístup. Pokud nemá poskytovatel obsahu potvrzenou implementaci některého z nich, nepodepíše smlouvu o distribuci.

Podmíněný přístup je zjednodušeně mechanismus složený ze serverové a klientské části. Serverová část obsahuje šifrovací server, do kterého tečou datové proudy televizních kanálů. Ven pak tečou v zašifrované podobě a pokud si takový kanál zkusíme přehrát, budou obraz i zvuk zdeformované. Druhá serverová část je klíčový server, který poskytuje klíče ke zpětnému dešifrování obsahu. Klientská část pak běží na set top boxu jako podproces, který úzce spolupracuje s middleware. Set top box se průběžně autentifikuje do middleware, ten předává tyto informace do klíčovacího serveru. Ten vrací konkrétní klíč, který se přes middleware dostává zpět do set top boxu a pomocí něj dešifruje obsah. Tím je obsah absolutně ochráněn proti zcizení.

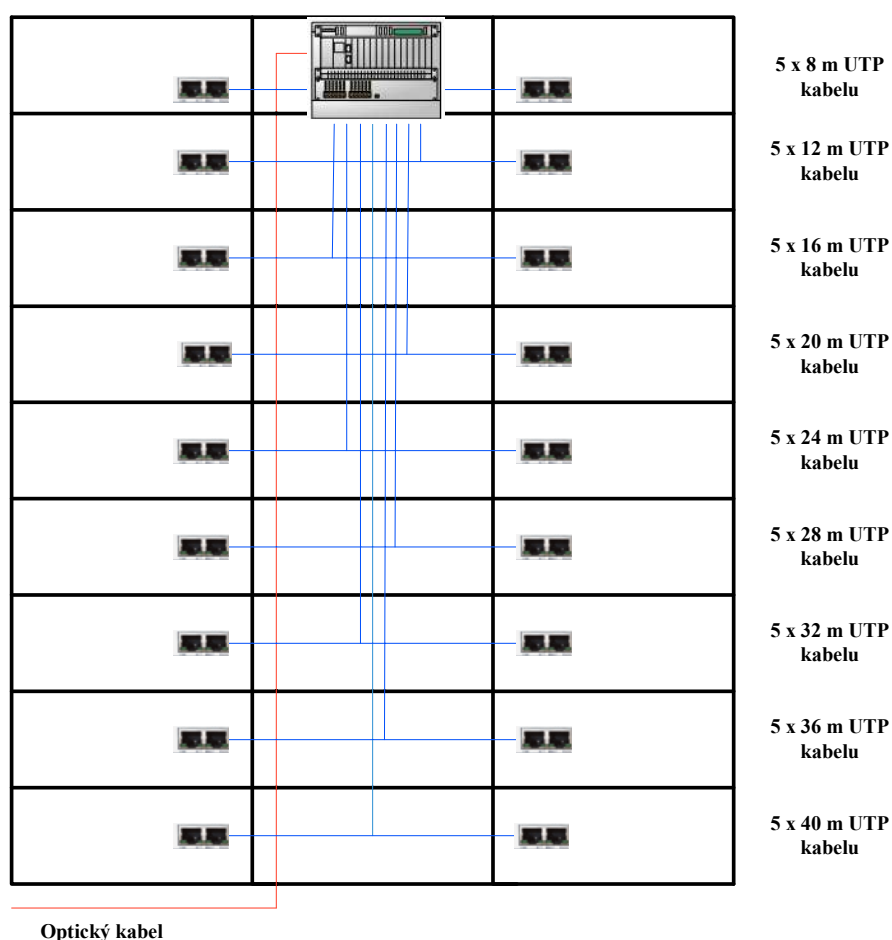
Opět to dělají úplně jiné firmy než hardwarovou část, a v tomto případě jen zahraniční. Pořízení se pohybuje od tří milionů výše, ale je možné si tuto službu zaplatit u někoho, kdo si to již koupil. Orientačně se může počítat s investicí 50 000 Kč do propojení s outsourcovaným podmíněným přístupem a měsíční poplatek za správu 15 Kč na zákazníka.

### **3.6 Datové rozvody v bytovém domě a možnosti zakončení v bytě**

Nyní se dostáváme k řešení rozvodů, z čehož plyne otázka umístění DVB to IP brány, přepínačů a zakončení optické sítě od místního poskytovatele. V mém případě jsem tuhle část rozvodů umístil do posledního patra bytového domu. Hlavním důvodem

je dostatek prostoru pro umístění rackové skříně, možnost připojení elektrické energie a dobré klimatické podmínky.

V současné době je používán pro rozvody UTP (Unshielded Twisted Pair) kabel, který má dostačující přenosovou kapacitu a jeho cena i cena dalších prvků sítě je podstatně nižší než síť založená na optickém kabelu. Rozvody jsou řešeny pomocí stromové topologie, kde do každého bytu je veden samostatný kabel z přepínače a je zakončen v zásuvce.



Obr. 3.14: Schéma datových rozvodů

Vzhledem k tomu, že v rámci příjmu IPTV často zákazník požaduje také připojení internetu nebo VoIP telefonu, je dobré v bytě do zásuvky připojit domácí bránu. Z této brány je dále možné připojit koncová zařízení, jako je osobní počítače, set top box, VoIP telefon. Pro tyto účely je dostačující brána ZyXEL NBG – 419N



*Obr. 3.15: Domácí brána*

Parametry domácí brány:

- Podpora 802.11 b/g/n
- Zabezpečení: 64/128bit WEP, WPA, WPA2
- Typ připojení: statická IP, DHCP, PPPoE, PPTP, L2TP
- DHCP server/klient
- IGMP v1, v2
- Řízení šířky pásma
- LAN: 4 x konektor ethernet RJ-45 10/100 Mbps
- WAN: 1 x konektor ethernet RJ-45 10/100 Mbps
- 2 x externí odnímatelná dipólová anténa

Poslední zařízení které je v IPTV síti, je IP set top box, který převádí datové proudy na obraz v televizní obrazovce. Podle výbavy je možné set top boxy využívat pro multimediální aplikace, jako internetový prohlížeč a také pro ukládání dat. Zvolil jsem IP set top box od firmy Motorola VIP1910 – 9. Je vybaven aplikační platformou KreaTV, která je široce nasazena mezi velkými telekomunikačními operátory.



Obr. 3.16: IP set top box Motorola VIP1910 - 9

Parametry set top boxu:

- Podpora HDTV
- Standard: MPEG – 1, MPEG – 2, MPEG – 4 (H.264)
- 5.1 digital audio
- Paměť: 128 MB
- Videopaměť: 32 MB
- Operační systém: Linux
- Rozhraní: Ethernet, TV a VCR SCART, L/R audio, USB

### 3.7 Alternativní řešení

Další možností, jak vytvořit lokální centrum pro naši IPTV síť je použití klasického počítače s volně dostupným softwarovým vybavením. Princip tohoto řešení zůstává stejný, stále budeme přijímat IPTV od poskytovatele a implementovat příjem pomocí pozemního a satelitního vysílání.

#### Hardware

Z předchozího řešení nám zůstává anténní systém pro pozemní a satelitní vysílání a domovní rozvody. V celém systému je změna v hlavní části systému, a to DVB to IP brány, která zabezpečuje převod příchozích signálů na datové proudy a implementaci IPTV od místního poskytovatele.

Jako bránu pro převod signálů, je možné zvolit klasický stolní počítač, případně server.

Možná konfigurace počítače:

- Deska: Gigabyte P67A-UD3P P67 s1155 DDR3 SATA3 USB3.0 GLAN PCIE2.0 ATX

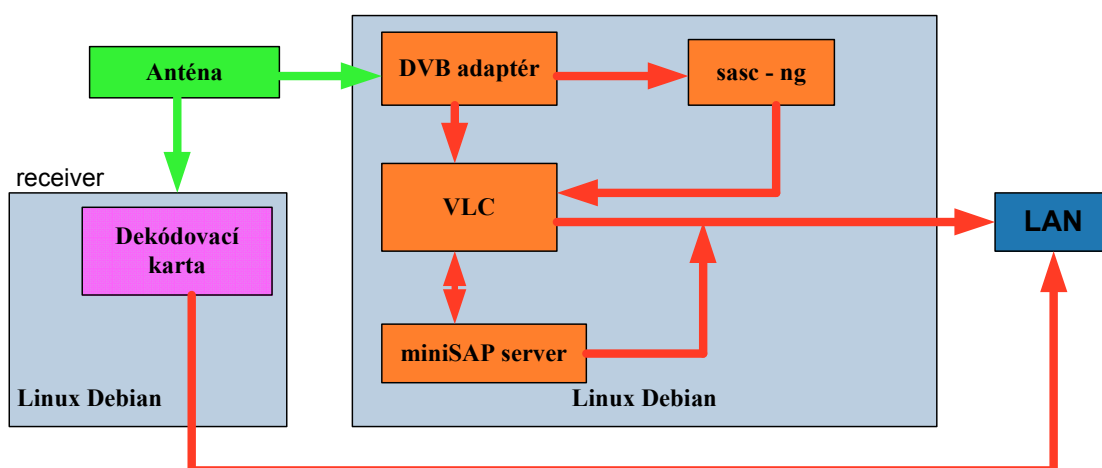


- Procesor: Intel Core i5 760 2,80GHz (8MB/2,5GT/s DMI) BOX LGA1156
- Paměť: DIMM DDR3 4096MB 1600MHz Kingston HyperX (kit 2x2GB) CL7 H2O chladič
- Síťová karta: Edimax EN-9235TX-32, síťová karta, 1xGLAN, RJ45, 32-bit, PCI
- Grafická karta: Sapphire ATI Rad HD 4650 1GB DDR2,128bit,HDMI,VGA,DVI,PCIE
- DVB – S karta: NetUP Dual DVB – S PCI-e card
- DVB – T karta: NetUP Dual DVB – T PCI-e card



Obr. 3.17: Dual DVB – T PCI-e od firmy NetUP

Pro příjem satelitního a pozemního vysílání je nutné použít nejlépe interní karty. Zde jsem zvolil duální karty od firmy NetUP. Jak je vidět z obrázku 3.15 karty obsahují CI sloty pro vložení dekódovacích karet. Dále je potřeba dvou síťových karet. Jedna pro příjem IPTV od místního poskytovatele a druhá integrovaná na základní desce vysílá data do sítě směrem ke koncovým uživatelům. Na obrázku 3.16 je znázorněn princip serverové části, obdobným způsobem funguje také převod z pozemního vysílání, jen s tím rozdílem, že v našich podmínkách není třeba dekódovat pozemní vysílání.



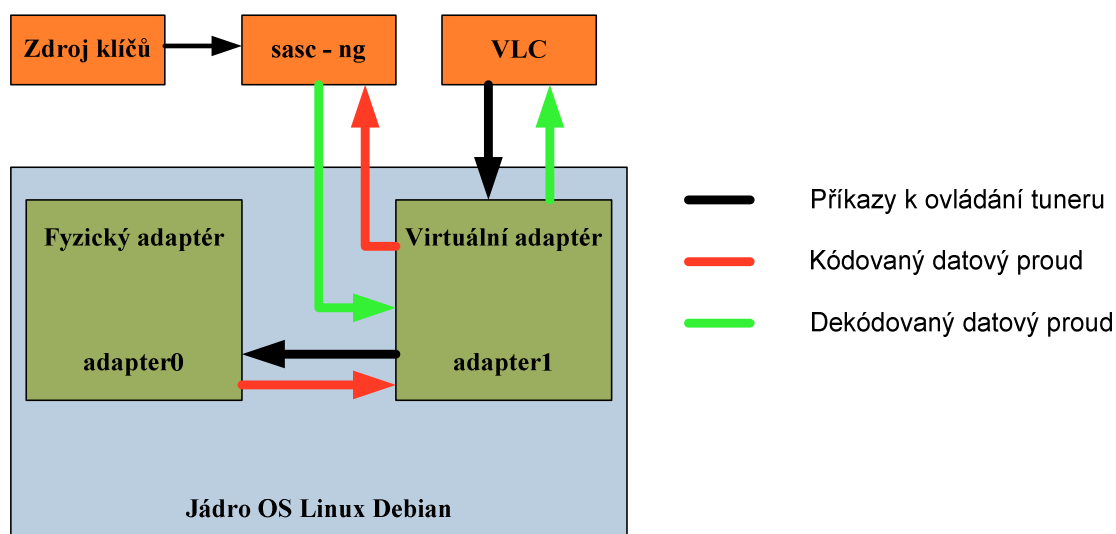
Obr. 3.18: Princip serverové části

### Software

Jako operační systém je vhodný Debian. Jedná se o volně šiřitelný operační systém. Jeho základem je jádro Linux a většina programů je vytvořena v rámci projektu GNU. Je vhodný také díky velkému počtu balíčků s programy a dokumentací, které jsou připraveny pro okamžitou instalaci.

Dalším nutným programem je Sasc – ng, který se využívá pro dekódování televizních a rozhlasových stanic. Dekódování se provádí pomocí klíčů získaných pomocí dekódovací karty. Ve své podstatě se jedná o emulátor DVB adaptéru. Sasc – ng se dělí na dvě části:

- Ovladač virtuálního adaptéru – ten se stará o existenci DVB adaptéru 1
- Dekódovací modul – pomocí dekódovacích klíčů dekóduje proud dat

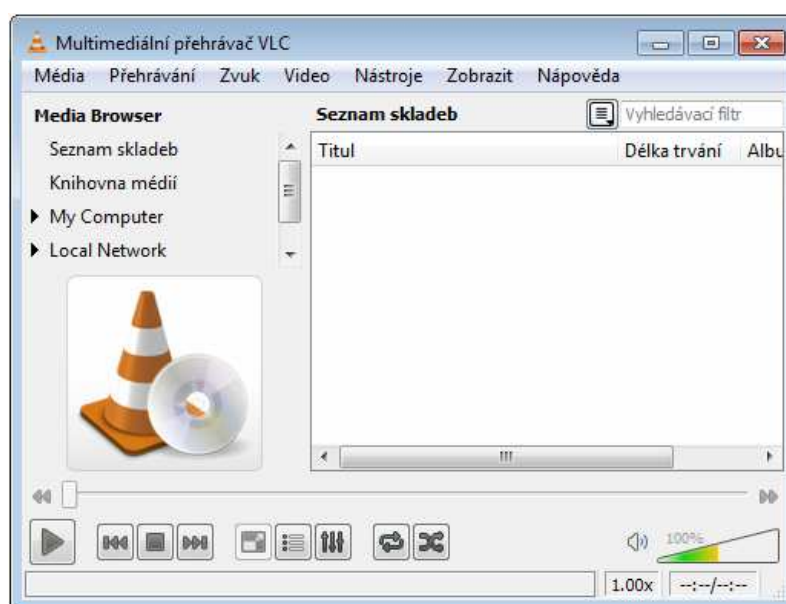


Obr. 3.19: Princip dekódování datového proudu

Na obrázku 3.17 můžeme vidět fungování Sasc – ng. Po spuštění programu je na adaptér 1 vyslán signál o naladění, tento signál předá fyzickému adaptéru 0 a čeká na odpověď. Jako odpověď je zaslán proud dat, který se následně předá dekódovacímu modulu. Ten pomocí dekódovacích klíčů kódovaný proud dat dekóduje a nakonec je dekódovaný proud dat poslán adaptéru 1, který data předává aplikaci.

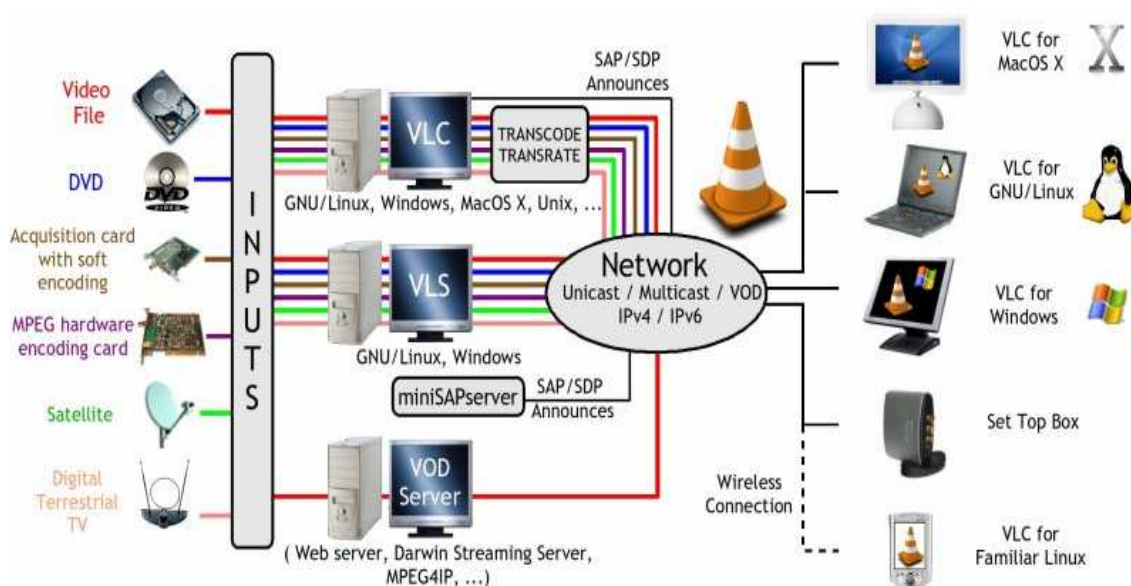
Pro takto zpracovaná data je nejvhodnější multimediální přehrávač VLC (VideoLAN Client), který slouží jako přehrávač a také jako server. Obsahuje kompletní podporu mnoha multimediálních formátů a také kodeků pro video i audio soubory. Jeho velkou předností je všesměrové vysílání multimediálních dat do sítě, nebo video na přání. VLC můžeme ovládat pomocí grafického nebo telnet rozhraní, webového prohlížeče a samozřejmě z příkazové řádky. [12]

Dekódovaná data, ale také vysílání od místního poskytovatele můžeme vysílat pomocí VLC do naší sítě.



Obr. 3.20: VLC media player

Posledním důležitým programem je MiniSAP server, který je určený pro oznamování změn ve skladbě vysílání pomocí protokolu SAP (Session Announcement Protocol), což nám umožňuje vysílání seznamu stanic koncovým uživatelům. Uživatel však musí mít získávání seznamu stanic prostřednictvím protokolu SAP povoleno na přehrávači. MiniSAP server vysílá periodicky aktuální seznam stanic pomocí vysílání multicast.



Obr. 3.21: Možnosti použití aplikací na streamování [12]

### 3.8 Porovnání s klasickým koaxiálním rozvodem

Porovnávat rozvody IPTV a rozvody přes koaxiální kabel je možné hlavně ve dvou hlavních oblastech. A to po stránce kvalitativních rozdílů vnímaných divákem a finanční náklady.

Pokud si vezmeme kvalitativní rozdíly, můžeme při přenosu signálu po koaxiálních kabelech zapomenout na HD rozlišení, vícekanálový zvuk, zvukové stopy ve více jazycích, titulkové stopy ve více jazycích a další multimediální služby spojené s IPTV. V dnešní době je také velice časté připojení k internetu a využívání VoIP telefonie. Pro implementaci všech tří služeb je momentálně nejvhodnější využití UTP kabelu, nebo v budoucnu spíše optických kabelů zakončených přímo v bytě. Tyhle technologie nám oproti koaxiálním rozvodům umožňují jednoduchou rozšiřitelnost do dalších lokalit a variabilitu ve volitelnosti programové nabídky.

Docela podstatnou je samozřejmě také cena. Při nasazení IPTV i televize přes koaxiální rozvody se jedná většinou o kompletní přebudování rozvodů. Dle nabídek na trhu a pro přibližně stejnou programovou nabídku vychází cena rozvodů po koaxiálním kabelu kolem 200 tisíc. Zde je ale nutné nezapomenout, že při rozšiřování programové nabídky stoupá cena asi o 10 – 15 tisíc na jeden program. Oproti tomu u IPTV může vyjít rozšíření o jeden program na 6 tisíc i méně.

Zde je také nutné zhodnotit budoucnost a použitelnost daných rozvodů. Musíme si také uvědomit, že televize umožňující zobrazení HD rozlišení je v podstatě cenově dostupná všem. V budoucnu bych také předpokládal úplný přechod na HD rozlišení a také masivní rozlišení 3D technologií, kde již klasické koaxiální rozvody nebudou stačit.

## 4 CENOVÁ KALKULACE NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ

Nyní se dostáváme k finančním nákladům na vybudování datové sítě pro rozvod IPTV. Je zde cenová kalkulace hlavního řešení postaveného na DVB to IP bráně a alternativního řešení postaveného na počítači.

### 4.1 Cenová kalkulace hlavního řešení

V tabulce 4.1 jsem uvedl přibližnou cenovou kalkulaci. Samozřejmě zde záleží na konkrétních podmínkách pro vybudování datové sítě. Investice na jeden byt je jednorázově přibližně 14 000 Kč. Dále zde budou měsíční poplatky pro předplatitele HD balíčku a bonusových programů. Je to také ucelený seznam potřebného materiálu a zařízení pro vybudování datových rozvodů v bytovém domě pro 44 bytů. Do výsledné ceny není započítán middleware a podmíněný přístup, který může být vyžadován poskytovatelem přijímaných programů, jak jsem již zmínil v kapitole 3.5.

Tab. 4.1. Cenová kalkulace hlavního řešení

#### Přijímací část satelitního digitálního vysílání

Číslo	Zboží	Množství	Cena	DPH	Cena s DPH
1	Parabola 100 Gibertiny	1	1333,-	20%	1599,-
2	LNB konvertor Megaset Diablo Quad	1	538,-	20%	646,-
3	Belden H121 AL PVC 5mm 7m s konektory	1	70,-	20%	84,-

#### Přijímací část pozemního digitálního vysílání

Číslo	Zboží	Množství	Cena	DPH	Cena s DPH
1	Anténa Yagi COLOR SUPRA	1	817,-	20%	980,-
2	Aktivní rozbočovač 3 x výstup	1	403,-	20%	483,-
3	Belden H121 AL PVC 5mm 7m s konektory	1	70,-	20%	84,-

#### DVB to IP brána

Číslo	Zboží	Množství	Cena	DPH	Cena s DPH
1	Rackové šasi 19"	1	43 200,-	20%	51 840,-
2	EtherTV Deluxe DVB - T modul	3	84 600,-	20%	101 520,-

3	EtherTV Deluxe DVB - S modul 2 x CI slot	4	129 600,-	20%	155 520,-
4	Dekódovací karta Skylink	4	5 330,-	20%	6 396,-

**Komponenty sítě**

Číslo	Zboží	Množství	Cena	DPH	Cena s DPH
1	Přepínač Cisco SG300 - 28	2	16 916,-	20%	20 299,-
2	Eurola UTP kabel 305 m	4	6 140,-	20%	7 386,-
3	Konektor RJ45	60	150,-	20%	180,-
4	Zásuvka UTP	44	3 740,-	20%	4 488,-
5	Domácí brána ZyXel	44	38 148,-	20%	45 777,-
6	IP set top box Motorola VIP1910	44	181 280,-	20%	217 536,-

**Montážní práce:** 70 000,- 20% 84 000,-

**Cena celkem:** 512 335,- 20% 614 802,-

Middleware: 150 000 Kč a měsíční poplatek za správu 10 Kč na zákazníka.

Podmíněný přístup (outsorcovaný): 50 000 Kč a měsíční poplatek za správu 15 Kč na zákazníka.

Ceny jsou aktuální k 26. dubnu 2011.

**4.2 Cenová kalkulace alternativního řešení**

Druhé alternativní řešení vychází cenově levněji o 135 000 Kč, ale zvyšují se náklady na pravidelnou údržbu počítače a jeho systému. V tabulce 4.2 je uvedena přibližná cenová kalkulace. Stejně jak u předchozí varianty záleží na konkrétních podmínkách pro vybudování datové sítě. Investice na jeden byt je jednorázově přibližně 10 853 Kč. Dále zde budou měsíční poplatky pro předplatitele HD balíčku a bonusových programů. Do výsledné ceny není započítán middleware a podmíněný přístup, který může být vyžadován poskytovatelem přijímaných programů, jak jsem již zmínil v kapitole 3.5.

Tab. 4.2. Cenová kalkulace alternativního řešení

**Přijímací část satelitního digitálního vysílání**

Číslo	Zboží	Množství	Cena	DPH	Cena s DPH
1	Parabola 100 Gibertiny	1	1 333,-	20%	1 599,-
2	LNB konvertor Megosat Diablo Quad	1	538,-	20%	646,-
3	Belden H121 AL PVC 5mm 7m s konektory	1	70,-	20%	84,-

**Přijímací část pozemního digitálního vysílání**

Číslo	Zboží	Množství	Cena	DPH	Cena s DPH
1	Anténa Yagi COLOR SUPRA	1	817,-	20%	980,-
2	Aktivní rozbočovač 3 x výstup	1	403,-	20%	483,-
3	Belden H121 AL PVC 5mm 7m s konektory	1	70,-	20%	84,-

**Počítač jako DVB to IP brána**

Číslo	Zboží	Množství	Cena	DPH	Cena s DPH
1	PC sestava	1	25 000,-	20%	30 000,-
2	NetUP Dual DVD - S PCI-e card	2	24 000,-	20%	28 800,-
3	NetUP Dual DVD - T PCI-e card	2	24 000,-	20%	28 800,-
4	Dekódovací karta Skylink	4	5 330,-	20%	6 396,-

**Komponenty sítě**

Číslo	Zboží	Množství	Cena	DPH	Cena s DPH
1	Přepínač Cisco SG300 - 28	2	16 916,-	20%	20 299,-
2	Eurola UTP kabel 305 m	4	6 140,-	20%	7 386,-
3	Konektor RJ45	60	150,-	20%	180,-
4	Zásuvka UTP	44	3 740,-	20%	4 488,-
5	Domácí brána ZyXel	44	38 148,-	20%	45 777,-
6	IP set top box Motorola VIP1910	44	181 280,-	20%	217 536,-

**Montážní práce:** 70 000,- 20% 84 000,-

**Cena celkem:** 397 935,- 20% 477 522,-

Middleware: 150 000 Kč a měsíční poplatek za správu 10 Kč na zákazníka.

Podmíněný přístup (outsorcovaný): 50 000 Kč a měsíční poplatek za správu 15 Kč na zákazníka.

Ceny jsou aktuální k 26. dubnu 2011.



## 5 ZÁVĚR

Hlavním úkolem této diplomové práce je vytvoření uceleného návrhu datové sítě pro rozvody IPTV. Téma diplomové práce bylo vypsáno na požádání společnosti CET 21, s.r.o. Pro tento účel bylo nutné nastudovat problematiku sítí, způsoby pozemního a satelitního digitálního vysílání a IPTV. Čerpal jsem ze svých vlastních zkušeností a také od různých odborníků z oboru. Zde mi poskytl mnoho rad pan David Bursa z firmy MediaStream, s.r.o.

V první části jsem se zaměřil na způsob příjmu pozemního a satelitního digitálního televizního vysílání a také IPTV. Čtenář se zde hlavně seznámí s topologií IPTV sítě, způsobem distribuce, poskytovanými službami, až po používané kompresní formáty. V závěru kapitoly jsem stručně popsal pozemní a satelitní vysílání.

Druhá část je věnována již konkrétnímu návrhu datové sítě pro rozvody IPTV. Zde bylo zadání na využití příjmu z pozemního a satelitního vysílání a příjem několika programů od regionálního poskytovatele IPTV.

Pro mou IPTV síť jsem zvolil 29 programů. Jako základní nabídku jsem zvolil 10 programů volně vysílaných ze tří vysílacích sítí pozemního digitálního vysílání. Pro příjem od regionálního poskytovatele jsem vybral 7 programů v HD kvalitě, které následně mohou být poskytovány za poplatek jako HD balíček. Poslední variantou příjmu televizního vysílání je satelitní vysílání, z kterého jsem vybral 12 programů, od poskytovatele Skylink a mohou být poskytovány jako bonusové programy.

V kapitolách 3.2 a 3.3 jsem navrhnul přijímací část sítě z pozemního a satelitního vysílání, odkud je signál předáván do DVB to IP brány, která je podrobněji popsána v kapitole 3.4. Brána se skládá ze šasi a DVB modulů, které převádí přijatý signál do datových proudů vhodných pro přenos IP sítí. Každý modul je schopen přijímat televizní programy z jedné vysílací sítě pozemního vysílání nebo z jedné frekvence satelitního vysílání. Jak je vidět například na frekvenci 12 168 MHz, kde je přijímán hudební kanál Óčko, je použit jeden modul. Zde jsou samozřejmě vysílány ještě další zahraniční kanály, které již pro diváka nejsou nijak zajímavé, ale mohou být také vysílány do IP sítě. Všechny tři druhy příjmu vysílání jsou zakončeny v prepínači, odkud jsou dále distribuovány ke koncovým zákazníkům.

Pro rozvody v bytovém domě jsem zvolil stromovou strukturu sítě, kde každý UTP kabel vede z prepínače přímo do bytu, kde je zakončen v zásuvce. Vzhledem k dnešním požadavkům zákazníků na internet, IPTV, VoIP telefonii je v hodné v bytě využít domácí bránu. Ta nám rozvádí signál do IP set top boxů, počítačů a notebooků.

Pro 44 bytů je vytvoření takové sítě neekonomické. Takové řešení je spíše vhodnější pro více uživatelů, například 1000. Pro 44 bytů je výhodnější připojení přímo od regionálního

poskytovatele. Nabídky programů jsou již velice pestré a svým rozsahem konkurují satelitnímu vysílání. Zároveň bývá v ceně i internetové připojení a vybudování přístupové sítě až do bytu. Dle délky smlouvy bývá také poskytnuta domácí brána a IP set top box za symbolickou cenu. Zákazník pak platí jen za placené programy za které by platil i tak.

V kapitole 3.7 jsem navrhnul alternativní řešení s využitím osobního počítače jako DVB to IP brány. Zde jsem využil pouze volně šiřitelné programové vybavení. Zde musíme počítat s omezením v počtu DVB karet díky omezeným počtům slotů na základní desce.

V závěrečné části jsem vytvořil cenovou kalkulaci pro hlavní i alternativní řešení IPTV sítě. U hlavního řešení vychází celková cena přibližně na 615 tisíc korun a 15 tisíc na jeden byt. U alternativního řešení je celková cena 478 tisíc korun, což je skoro 11 tisíc na jeden byt. Ceny se mohou měnit podle konkrétních podmínek a požadavků na programovou nabídku.

Tuto diplomovou práci jsem vytvořil s maximální snahou vytvořit ucelený dokument, kde se čtenář seznámí s problematikou IPTV. V hlavní části jsem navrhnul vzorové řešení, které může sloužit jako návod pro vytvoření malé či větší IPTV sítě. Vzhledem k velkému rozšiřování rychlých internetových přípojek ve velkých, ale i menších městech, se dá očekávat velké rozšiřování této technologie i v budoucnu. Velkou roli sehraje poskytované multimediální služby, kvalita přijímaných programů a cena za kterou budou tyto služby poskytovány.

## LITERATURA

- [1] LEGÍŇ, Martin. *Televizní technika DVB-T*. 1.vydání. Praha : BEN-technická literatura, 2007. 286 s.
- [2] *Digizone* [online]. c2011 [cit. 2011-04-28]. IPTV v České republice. Dostupné z WWW: <<http://iptv.digizone.cz/>>.
- [3] PETERKA, Jiří. *Lupa* [online]. 2006 [cit. 2011-04-28]. Jak funguje IPTV. Dostupné z WWW: <<http://www.lupa.cz/clanky/jak-funguje-iptv/>>.
- [4] KREJČÍ, J.; ZEMAN, T. *Access Server* [online]. 2008 [cit. 2011-04-28]. Úvod do IPTV. Dostupné z WWW: <<http://access.feld.cvut.cz/view.php?navezclanku=uvod-do-iptv&cislocclanku=2008100002>>.
- [5] PUŽMANOVÁ, Rita. *Širokopásmový Internet*. 1. vydání. Brno : Computer Press, 2004. 377 s.
- [6] KABELOVÁ, Alena; DOSTÁLEK, Libor . *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 5. aktualizované vydání. Brno : Computer Press, 2008. 488 s.
- [7] *SAMURAJ-cz* [online]. 2009 [cit. 2011-04-28]. TCP/IP – skupinové vysílání IP Multicast a Cisco. Dostupné z WWW: <<http://www.samuraj-cz.com/clanek/tcpip-skupinove-vysilani-ip-multicast-a-cisco/>>.
- [8] *DigiPrijem* [online]. 2011 [cit. 2011-04-28]. DVB – T digitální pozemní vysílání. Dostupné z WWW: <<http://www.digiprijem.cz/search.php?rsvelikost=sab&rstext=all-phpRSall&rstema=4>>.
- [9] *DigiPrijem* [online]. 2011 [cit. 2011-04-28]. DVB – S digitální satelitní vysílání. Dostupné z WWW: <<http://www.digiprijem.cz/search.php?rsvelikost=sab&rstext=all-phpRS-all&rstema=3>>.

- [10] HENS, Francisco J. ; CABALLERO, José M. *Triple Play*. West Sussex (England) : Willey, 2008. 401 s.
- [11] KRČMÁŘ, Petr. *Linux postavte si počítačovou síť*. 1.vydání. Praha : Grada Publishing, 2006. 182 s.
- [11] *Mediastream* [online]. 2011 [cit. 2011-05-01]. Produkty. Dostupné z WWW: <<http://www.mediastream.cz/produkty/>>.
- [12] *VideoLAN* [online]. 2011 [cit. 2011-04-28]. Streaming. Dostupné z WWW: <<http://www.videolan.org/vlc/streaming.html>>.

## **PŘÍLOHY**

Příloha č.:

- 1 CD s diplomovou prací v elektronické podobě